

Study for the measurement of $\Gamma_{3\pi}$ using $B^0 \rightarrow D^+ K^- S^0$ followed by $D^+ \rightarrow K^+ S^-$ with model-independent Dalitz analysis

著者	根岸 健太郎
号	64
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	理博第2876号
URL	http://hdl.handle.net/10097/60497

論文内容要旨

氏 名	根岸 健太郎	提出年	平成 26 年
学位論文の 題 目	Study for the measurement of ϕ_3 using $B^0 \rightarrow DK^{*0}$ followed by $D \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$ with model-independent Dalitz analysis (ϕ_3 測定に向けたモデル依存の無い Dalitz 解析を用いた $B^0 \rightarrow DK^{*0}$, $D \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$ 崩壊の研究)		

論文目次

Chapter1 Introduction

Chapter2 Experimental Apparatus and Analysis Tools

Chapter3 Analysis

Chapter4 Result

Chapter5 Discussion

Chapter6 Conclusion

研究動機

標準模型では KM メカニズムによって弱い相互作用のクォークセクターで CP の破れを説明している。この CP の破れに係るパラメーターとしてユニタリ三角形と呼ばれる三角形の形状を持つ。ユニタリ三角形の各角度は ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 と定義される。本研究では、 ϕ_3 の角度測定を目的とする。

実験装置

B 中間子は KEKB 加速器を用いて生成された。KEKB 加速器は 8GeV の電子と 3.5GeV の陽電子を衝突させ、これまでに 772M の B 中間子を生成している。生成された B 中間子の崩壊は、Belle 検出器によって観測された。崩壊時間や荷電粒子の運動量を測定するために必要な崩壊点と飛跡の検出にはシリコン検出器とドリフトチェンバーが用いられた。シグナルの再構成や B、反 B 中間子の識別に必要な粒子識別は、ドリフトチェンバー、エアロジェルを用いたチェレンコフ光検出器、そして Time of flight 検出器の 3 つの検出器を複合して行われた。

信号識別

D 中間子に関しては K_S と $\pi^+ \pi^-$ 、 K^{*0} 中間子に関しては $K^+ \pi^-$ に崩壊したものを再構成に用いた。B 中間子のフレーバーは再構成に利用した荷電 K の電荷から判断する。また、 D^{*+} から寄与する背景事象、 $D-K^{*+}$ から寄与する同じ終状態の背景事象を除いた。

シグナル/BG の確率

$\Delta E, M_{bc}, NB^{\text{TRANS}}$ の 3 次元フィットを行い、イベントごとにシグナルである確率、背景事象である確率を見積もり、シグナルの数を求めた。このフィットによって得られたイベント数を使用

し D の三体崩壊の phase space 上で領域に区切る事でモデルに依存せず(x_{\pm}, y_{\pm})値を見積もる事が出来る。

(x_{\pm}, y_{\pm})フィット

D の phase space 上のシグナル分布を用い、(x_{\pm}, y_{\pm})を求めた。ここで(x_{\pm}, y_{\pm})は ϕ_3 , $b \rightarrow u$ 遷移を含む $\bar{B}^0 \rightarrow \bar{D}^0 \bar{K}^{*0}$ と含まない $\bar{B}^0 \rightarrow D^0 \bar{K}^{*0}$ の崩壊振幅の比 r_s , 強い相互作用の位相差 δ_s の関数で表される。フィットの関数、方法の妥当性はモンテカルロシミュレーションと $D\pi^{\pm}$ 実データを用いる事で確認した。(x_{\pm}, y_{\pm})値の結果は

- $x_- = +0.4 (+1.0 / -0.6(\text{統計誤差})) (+0.0 / -0.1(\text{系統誤差}))$
- $y_- = -0.6 (+0.8 / -1.0(\text{統計誤差})) (\pm 0.1(\text{系統誤差}))$
- $x_+ = +0.1 (+0.7 / -0.4(\text{統計誤差})) (\pm 0.1(\text{系統誤差}))$
- $y_+ = +0.3 (+0.5 / -0.8(\text{統計誤差})) (\pm 0.1(\text{系統誤差}))$

であった。これを物理量の一つ、 r_s に直し、 $r_s < 0.87$ (68.3 % C.L.)であった。これは中性 B 中間子を用いたモデル依存の無い Dalitz 解析では世界初の測定となる。

論文審査の結果の要旨

素粒子物理学の標準模型では、クォークセクターにおける弱い相互作用の CP 対称性の破れを小林・益川理論によって説明する。この CP 対称性の破れに係るパラメータとして、ユニタリティ三角形と呼ばれる三角形の各角度 ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 がある。博士論文では、これらの角度のうち現状では最も測定精度が低い ϕ_3 に関する研究を扱っている。

中性 B 中間子が、b クォークから u クォークへの遷移を含む経路と含まない経路を経て、最終的には $K\pi\pi$ へ至る 2 つの崩壊経路が干渉することを利用すると、 ϕ_3 を測定することが可能である。この干渉には、この干渉には、 ϕ_3 以外にもいくつかのパラメータが関係するが、Dalitz 平面に於ける事象の分布から ϕ_3 を求めることが可能になる。中性 B 中間子は様々な中間状態を経て崩壊するために、Dalitz 平面の解析にはモデルの仮定が必要となり、系統誤差の原因となってしまうが、本博士論文ではモデルの仮定が不要な解析手法を採用している。

また、中性 B 中間子の解析は、荷電 B 中間子の解析に比べるとシグナル数が少なくなるために不利であるが、b クォークから u クォークへの遷移を含む割合 (r_s) は大きいと期待される。本博士論文は、モデルの仮定を廃した Dalitz 平面の解析に中性 B 中間子を用いた世界初の研究成果である。

高エネルギー加速器研究機構(KEK)に設置されている電子・陽電子衝突加速器 KEKB の衝突部に置かれた Belle 測定器によって記録された 7.72 億個の B 中間子事象を解析した。信号抽出の後に、背景事象を注意深く見積もり、Dalitz 平面の解析を実施した。その結果、 ϕ_3 や r_s などに関係するパラメータの値を得た。これを物理量の一つである r_s に直すと、 $r_s < 0.87$ (68.3 % C.L.)となるこれは。中性 B 中間子を用いたモデル依存のない Dalitz 解析では世界初の測定である。残念ながら信号事象の数が少なく、 r_s の上限値しか得られなかったために、 ϕ_3 の値を求めることはできなかった。しかしながら、中性 B 中間子を用いてモデル依存のない Dalitz 解析が可能であることを示し、間もなく運転を開始する SuperKEKB 加速器における研究の可能性を明らかにした。

博士論文は、自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、根岸健太郎氏提出の博士論文は、博士(理学)の学位論文として合格と認める。